

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-237434

(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.Cl.

H01L 29/861

(21)Application number : 2000-044306

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD
SANSHA ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 22.02.2000

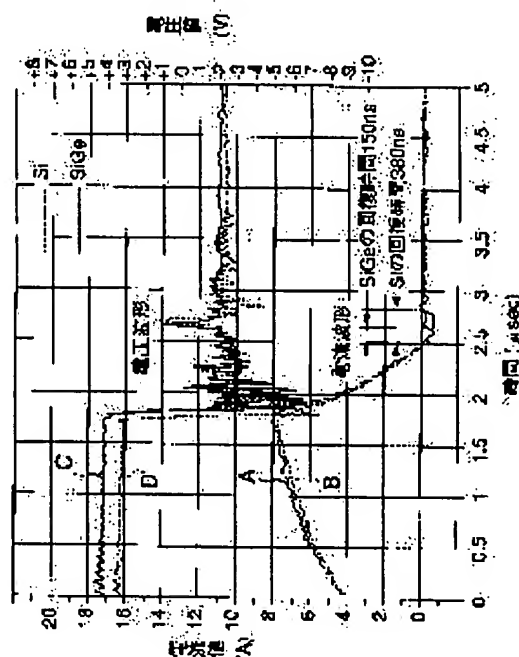
(72)Inventor : HIROSE FUMIHIKO
SODA YUTAKA

(54) DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a diode having high-speed reverse direction recovery operation property.

SOLUTION: The diode has an Si substrate 4, a first conductivity-type Si film 3 laminated and formed on the Si substrate and a second conductivity-type SiGe film 2 laminated and formed on the first conductivity-type Si film.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.10.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Diode characterized by providing Si substrate, Si film of the 1st conductivity type by which laminating formation was carried out on this Si substrate, and the SiGe film of the 2nd conductivity type by which laminating formation was carried out on this 1st conductivity-type Si film.

[Claim 2] Diode characterized by providing the SiGe film of the 2nd conductivity type by which laminating formation was carried out on Si substrate, Si film of the 1st conductivity type, Si film that has Si film or high resistance which is the 1st conductivity type and lowered impurity dope concentration rather than said 1st conductivity-type Si film, and Si film which has Si film or high resistance which lowered this impurity dope concentration.

[Claim 3] Claim 1 characterized by being larger than 2.5 atom % and making germanium concentration in the SiGe film of said 2nd conductivity type under into 15 atom %, or diode of any 1 publication of 2.

[Claim 4] Claim 1 characterized by being larger than 2.5 atom % and making germanium concentration in the SiGe film of said 2nd conductivity type below into 10 atom %, or diode of any 1 publication of 2.

[Claim 5] Said Si substrate is claim 1 characterized by being the 1st conductivity type, or the diode of any 1 publication of 2.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the diode which has a high-speed hard flow recovery action property.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the diode in which high-speed operation is possible is widely used for the purpose of surge absorption of a rectifier or a power transistor in the electronic circuitry of power electronics. In the engine performance of this diode, when it changes from a forward bias condition to a reverse bias condition, the time amount to which a reverse current flows is short, namely, importance is attached to the diode with a high-speed recovery property from noise reduction in the above-mentioned circuit, and a viewpoint of antisurging.

[0003] As diode with the conventional high-speed recovery property, Si diode of a pin junction mold is used widely. Between p mold of comparatively high concentration [this], and Si of n mold, it is the structure which sandwiches Si which has high resistance, and the depletion-layer width of face of diode becomes large in this case, and high-speed operation becomes [the junction capacitance of diode] small possible.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since a pin mold takes hundreds of nanoseconds or more to the time amount (backward recovery time) to which a reverse current flows, a device is required for suppressing this time amount less than [it]. In order to shorten the backward recovery time, it is effective to lower the life of the minority carrier of a semi-conductor layer. For example, the method of reducing the life of a minority carrier and suppressing the backward recovery time is well-known doping gold in a semi-conductor layer, or by irradiating a high-speed charged particle at a semi-conductor layer. As for the part which dopes gold or irradiates a charged particle by these approaches, it is ideal to limit to the near field of Si which has high resistance, i.e., the field to which a depletion layer spreads.

[0005] However, since a gold-doping method is influenced of thermal diffusion, it cannot be alternatively doped only on the part of a semi-conductor layer. Moreover, the selective irradiation which irradiates a charged particle alternatively at a part of semi-conductor layer by the approach of irradiating an electron ray among the charged-particle irradiating methods is theoretically impossible. In this case, the withstand voltage property of the diode itself deteriorates and it becomes the cause of the leakage current. Moreover, when a proton or ion was irradiated as a charged particle, since the particle was large, equipment was very complicated, and became high cost, and there was a problem of pushing up the cost of the diode itself finally done.

[0006] It is made in order that this invention may solve the above-mentioned technical problem, and it aims at offering the diode which has a high-speed hard flow recovery action property.

[0007]

[Means for Solving the Problem] Diode concerning this invention is characterized by providing Si substrate, Si film of the 1st conductivity type by which laminating formation was carried out on

this Si substrate, and the SiGe film of the 2nd conductivity type by which laminating formation was carried out on this 1st conductivity-type Si film.

[0008] Diode concerning this invention is characterized by to provide the SiGe film of the 2nd conductivity type by which laminating formation was carried out on Si substrate, Si film of the 1st conductivity type, Si film that has Si film or high resistance which is the 1st conductivity type and lowered impurity dope concentration rather than said 1st conductivity-type Si film, and Si film which has Si film or the high resistance which lowered this impurity dope concentration.

[0009] Here, the "1st conductivity type" and the "2nd conductivity type" are the vocabulary for expressing simply the junction condition of n mold of a semi-conductor, and p mold for convenience, if n mold is called the 1st conductivity type, p mold will turn into the 2nd conductivity type, and if p mold is called the 1st conductivity type, n mold will turn into the 2nd conductivity type.

[0010] In this case, as for germanium concentration in the SiGe film of the 2nd conductivity type, it is desirable to carry out to under 15 atom % more greatly than 2.5 atom %, and it is still more desirable to carry out to below 10 atom % more greatly than 2.5 atom %. It is from the following reason to limit the concentration of germanium of the SiGe film here. It is because the reduction effectiveness of the backward recovery time will become the property of the SiGe film will hardly change to Si film, and is hard to be acquired if germanium concentration is less than 2.5 atom %. It is because a lattice strain will become excessive, the leakage current will increase and the electrical property as diode will come to be spoiled on the other hand, if germanium concentration in the SiGe film becomes superfluous. It has become clear that it stops functioning as germanium concentration in the film exceeding 15 atom % especially as diode.

[0011]

[Embodiment of the Invention] It explains referring to an accompanying drawing about the gestalt of various desirable operations of this invention hereafter.

[0012] The effectiveness of this invention is explained using the example of p mold SiGe / high resistance mold Si/n mold Si. When the effectiveness taken below is used for low-concentration Si film, the n mold Si film is directly joined to the p mold SiGe and a conductivity type is reversed in the further above-mentioned form, in any case, the following effectiveness shows up.

[0013] In order to lower the backward recovery time of diode, it is necessary to lower are recording of the carrier within diode. In order to lower are recording of a carrier, it is necessary to lower the minority carrier life near high resistance mold Si of the p mold Si and the n mold Si to the high resistance mold Si and a pan.

[0014] If germanium is added in Si, the life of a minority carrier can be made small. Therefore, the carrier life in the SiGe film of p mold becomes short. Moreover, since a difference has SiGe in a lattice constant to Si, a lattice strain occurs in the neighborhood Si is [near] in contact with SiGe. This lattice strain carries out induction of the crystal defect, and has the work to which this lowers the life of a carrier. It is thought that the high resistance mold Si film and n mold Si film with which SiGe has touched are attained to, and, as for a lattice strain, the high resistance mold Si film and the n mold Si near it can keep the life of a minority carrier small by this effectiveness. That is, by junction of SiGe, the carrier life of the whole diode is suppressed, stored charge is lowered now, and improvement in the speed becomes possible.

[0015] It is from the following reasons to limit the concentration of germanium of the SiGe film here. If there is too little germanium concentration, a membranous property will not be different from Si and high-speed effectiveness will become is hard to be acquired. Moreover, it is because a lattice strain will become excessive, the leakage current will increase and the electrical property as diode will be spoiled, if germanium concentration is too large. The above-mentioned numerical limitation is clarified by experiment.

[0016] (Example 1) The outline cross section of the diode of the produced example 1 is shown in drawing 1 . The diode of this example 1 carries out the laminating of the Si film 3, the SiGe film 2, and the anode electrode 1 one by one on the n mold Si substrate 4, and forms the cathode electrode 5 in the rear face of the Si substrate 4.

[0017] The production approach of the diode of this example 1 is explained. 20 micrometers only

in thickness carried out the laminating of the film 3 which has high resistance of the n mold Si film with which the membrane resistance value used the chemical-vapor-deposition method, and doped phosphorus (P) about 5×10^{14} /cm³ on n mold silicon substrate 4 of 0.001 ohm-cm. Furthermore, 0.4 micrometers only in thickness carried out the laminating of the p mold SiGe film 2 which doped boron (B) about 5×10^{17} /cm³ by the chemical-vapor-deposition method on the n mold Si film 3.

[0018] A chemical-vapor-deposition method means the approach of making the semi-conductor film depositing on a substrate front face here, by supplying semi-conductor material gas to a vacuum housing, making the interior of a container filled with gas, and putting in the substrate in the condition of having heated, in a vacuum housing. The mixed gas which mixed the disilane (Si₂H₆) or the silane (SiH₄), and the phosphine (PH₃) as material gas is used for formation of the n mold Si film 3 of which P dope was done. Although P dope concentration of the n mold Si film 3 is decided by the mixing ratio of the phosphine to a disilane or a silane, in order to obtain about three 5×10^{14} /cm P dope concentration, it is necessary to set PH₃ partial pressure / Si₂H₆ partial pressure (or SiH₄ partial pressure) as about 0.01 ppm. Moreover, the mixed gas which mixed a disilane (Si₂H₆) or a silane (SiH₄), germane (GeH₄), and diboron hexahydride (B-2 H₆) as material gas is used for formation of the p mold SiGe film 2 of which B dope was done. Although B dope concentration of the p mold Si film 2 is decided by the mixing ratio of the diboron hexahydride to a disilane or a silane, in order to obtain about three 5×10^{17} /cm B dope concentration, it is necessary to set B-2H₆ partial pressure / Si₂H₆ partial pressure (or SiH₄ partial pressure) as about 20 ppm. In addition, the substrate temperature at the time of membrane formation is set as 650 degrees C or more.

[0019] Each of a substrate 4 and the p mold SiGe film 2 was made to vapor-deposit a metal like aluminum, respectively, and the cathode electrode 5 and the anode electrode 1 were formed.

[0020] germanium concentration of the SiGe film 2 was made into pentatomic %. Furthermore, the diode which replaced with the SiGe film 2 of p mold with the structure same as an example of a comparison as the above, and carried out the laminating of the Si film was also manufactured. The chip area of the produced diode was set to 2 25mm.

[0021] Drawing 2 is the characteristic ray Fig. which took time amount (microsecond) along the axis of abscissa, took the current value (A) and the electrical-potential-difference value (V) along the axis of ordinate, and conducted comparison investigation of the recovery property of SiGe film diode, and the recovery property of Si film diode. the inside of drawing -- a characteristic ray A -- the current wave form of SiGe film diode -- in a characteristic ray B, a characteristic ray C shows the voltage waveform of SiGe film diode, and a characteristic ray D shows the voltage waveform of Si film diode for the current wave form of Si film diode, respectively.

[0022] In measurement here, the current is 4A Passed to the forward direction by the initial state, and change of the diode current when reversing the bias voltage of diode at a certain time is taken. Time amount until a current value returns to zero again exceeding a zero level in a current wave form turns into the backward recovery time. As shown in the characteristic ray A in drawing, the backward recovery time of SiGe film diode (example) became about 150 nanoseconds. On the other hand, the backward recovery time of the diode (example of a comparison) produced only by Si film as shown in the characteristic ray B in drawing became about 380 nanoseconds. It became clear by using the SiGe film that the backward recovery time of diode could be conventionally reduced to about 40% of elegance so that clearly from these results.

[0023] (Example 2) The outline cross section of the diode of the produced example 2 is shown in drawing 1.

[0024] The production approach of the diode of this example 2 is explained. 20 micrometers only in thickness carried out the laminating of the film 3 which has high resistance of the n mold Si film with which the membrane resistance value used the chemical-vapor-deposition method, and doped phosphorus (P) about 5×10^{14} /cm³ on n mold silicon substrate 4 of 0.001 ohm-cm. Furthermore, 0.4 micrometers only in thickness carried out the laminating of the p mold SiGe film 2 which doped boron (B) about 5×10^{17} /cm³ by the chemical-vapor-deposition method on the n

mold Si film 3. Furthermore, each of a substrate 4 and the p mold SiGe film 2 was made to vapor-deposit a metal like aluminum, respectively, and the cathode electrode 5 and the anode electrode 1 were formed. In addition, in the range from zero to 15 atoms %, germanium concentration in the SiGe film 2 was changed variously, and was produced. The chip area of the produced diode was set to 2 25mm.

[0025] Drawing 3 is the characteristic ray Fig. which took the germanium concentration in the SiGe film (atomic %) along the axis of abscissa, took the backward recovery time (microsecond) of various SiGe film diodes along the axis of ordinate, and was investigated about the germanium concentration dependency of the backward recovery time of various SiGe film diodes. The characteristic ray E in drawing comes to connect the actual measurement plot of the backward recovery time. It became clear that germanium concentration decreased by the SiGe film below 10 atom % as sharply [germanium concentration is larger than 2.5 atom %, and / the backward recovery time] as about 100 – 150 nanoseconds although most reduction effectiveness of the backward recovery time (about 400 nanoseconds) is not seen by the SiGe film below 2.5 atom % so that clearly from drawing.

[0026] On the other hand, when germanium concentration was the SiGe film of 15 atom %, the leakage current at the time of a reverse bias occurred, and what functions as diode was not obtained at all. It became clear that it is required to make germanium concentration in the SiGe film into the larger range smaller than 15 atom % than 2.5 atom % in order to reduce the backward recovery time from this, and it is still more desirable to make germanium concentration into the range below 10 atom % more greatly than 2.5 atom %.

[0027] Although the laminating of the high resistance Si film is carried out by the chemical-vapor-deposition method on Si substrate in the above-mentioned example, the field of one side of the Si substrate 4 is made to diffuse the boron of p mold impurity, and 20 micrometers of high resistance Si film with which a carrier consistency serves as 10^{14} -/cm³ may be formed.

[0028]

[Effect of the Invention] According to this invention, the backward recovery time of diode can be conventionally reduced sharply compared with elegance. If germanium concentration in the SiGe film is especially made into the optimal range, the backward recovery time will come to be conventionally less than 40% of elegance.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

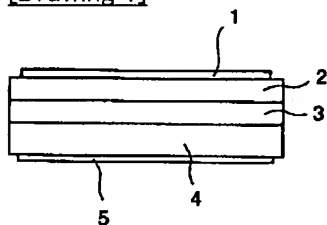
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

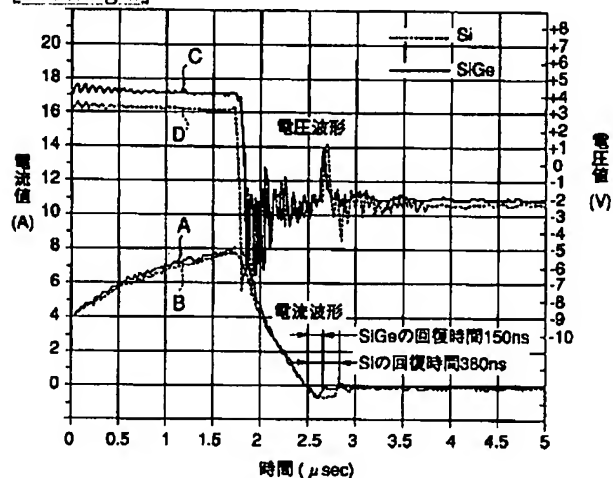
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

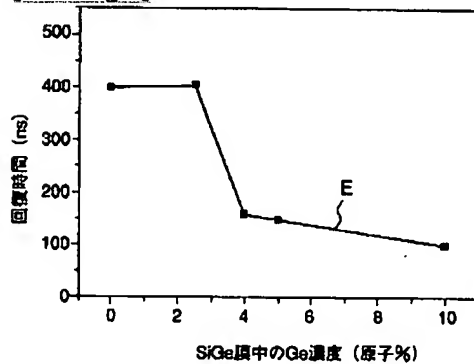
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-237434

(P2001-237434A)

(43) 公開日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 L 29/861

識別記号

F I
H 0 1 L 29/91

データベース* (参考)
H

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-44306 (P2000-44306)

(22) 出願日 平成12年2月22日 (2000.2.22)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(71) 出願人 000144393

株式会社三社電機製作所

大阪府大阪市東淀川区西淡路3丁目1番56号

(72) 発明者 廣瀬 文彦

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

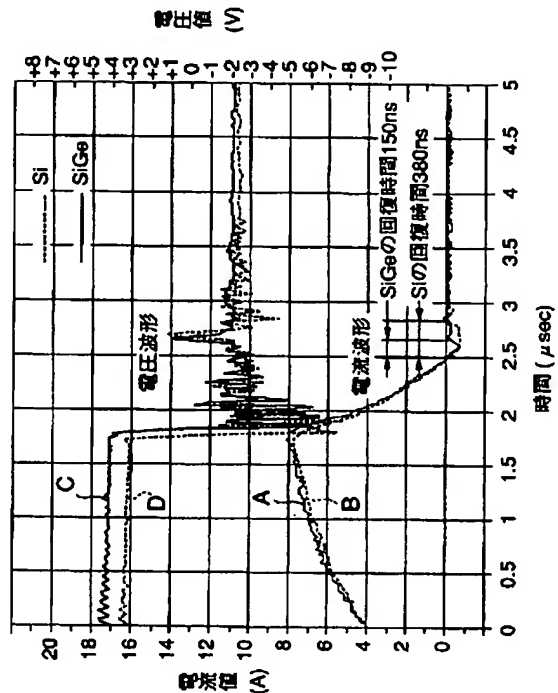
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 高速の逆方向回復動作特性を有するダイオードを提供する。

【解決手段】 Si基板4と、このSi基板上に積層形成された第1導電型のSi膜3と、この第1導電型Si膜の上に積層形成された第2導電型のSiGe膜2とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si基板と、このSi基板上に積層形成された第1導電型のSi膜と、この第1導電型Si膜の上に積層形成された第2導電型のSiGe膜と、を具備することを特徴とするダイオード。

【請求項2】 Si基板と、第1導電型のSi膜と、第1導電型であって前記第1導電型Si膜よりも不純物ドーピング濃度を下げたSi膜または高抵抗を有するSi膜と、この不純物ドーピング濃度を下げたSi膜または高抵抗を有するSi膜の上に積層形成された第2導電型のSiGe膜と、を具備することを特徴とするダイオード。

【請求項3】 前記第2導電型のSiGe膜中のGe濃度を2.5原子%より大きく、15原子%未満とすることを特徴とする請求項1又は2のいずれか1記載のダイオード。

【請求項4】 前記第2導電型のSiGe膜中のGe濃度を2.5原子%より大きく、10原子%以下とすることを特徴とする請求項1又は2のいずれか1記載のダイオード。

【請求項5】 前記Si基板は第1導電型であることを特徴とする請求項1又は2のいずれか1記載のダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高速の逆方向回復動作特性を有するダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、高速動作可能なダイオードはパワーエレクトロニクスの電子回路において、整流器やパワーランジスタのサージ吸収の目的で広く利用されている。このダイオードの性能において、順バイアス状態から逆バイアス状態に変化したときに逆電流の流れる時間の短い、すなわち高速のリカバリ特性を持つダイオードは上記回路でのノイズ低減とサージ防止の観点から重要視されている。

【0003】従来の高速リカバリ特性をもつダイオードとしては、pin接合型のSiダイオードが広く利用されてきた。これは、比較的高濃度のp型とn型のSiとの間に高抵抗を有するSiをはさむ構造であり、この場合ダイオードの空乏層幅が大きくなり、ダイオードの接合容量が小さく高速動作が可能になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、pin型では逆方向電流の流れる時間（逆方向回復時間）が数百ナノ秒以上を要するので、この時間をそれ以下に抑えるには工夫を要する。逆方向回復時間を短くするためには、半導体層の少数キャリアの寿命を下げるのが有効である。例えば、半導体層に金をドーピングすることにより、あるいは半導体層に高速荷電粒子を照射することにより少数キャリアの寿命を低下させ、逆方向回復時間を抑える

方法が公知である。これらの方法では、金をドーピングしたり荷電粒子を照射したりする部位は、高抵抗を有するSiの近傍領域、すなわち空乏層のひろがる領域のみに限定するのが理想的である。

【0005】しかし、金ドーピング法は、熱拡散の影響を受けるので、半導体層の局部のみに選択的にドーピングすることができない。また、荷電粒子照射法のうち電子線を照射する方法では、半導体層の一部のみに荷電粒子を選択的に照射する選択照射が原理的に不可能である。この場合に、ダイオード自体の耐電圧特性が劣化してしまい、漏れ電流の原因となる。また、荷電粒子としてプロトンまたはイオンを照射する場合は、粒子が大きいため装置が極めて複雑で高コストとなり、最終的にできあがるダイオード自体のコストを押し上げるという問題があった。

【0006】本発明は上記課題を解決するためになされたものであって、高速の逆方向回復動作特性を有するダイオードを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係るダイオードは、Si基板と、このSi基板上に積層形成された第1導電型のSi膜と、この第1導電型Si膜の上に積層形成された第2導電型のSiGe膜と、を具備することを特徴とする。

【0008】本発明に係るダイオードは、Si基板と、第1導電型のSi膜と、第1導電型であって前記第1導電型Si膜よりも不純物ドーピング濃度を下げたSi膜または高抵抗を有するSi膜と、この不純物ドーピング濃度を下げたSi膜または高抵抗を有するSi膜の上に積層形成された第2導電型のSiGe膜と、を具備することを特徴とする。

【0009】ここで、「第1導電型」および「第2導電型」は半導体のn型とp型との接合状態を便宜上簡単に表現するための用語であり、n型を第1導電型と呼べば、p型が第2導電型となり、p型を第1導電型と呼べば、n型が第2導電型となる。

【0010】この場合に、第2導電型のSiGe膜中のGe濃度は、2.5原子%より大きく15原子%未満とすることが好ましく、2.5原子%より大きく10原子%以下とすることが更に好ましい。ここでSiGe膜のGeの濃度を限定するのは、次の理由からである。Ge濃度が2.5原子%を下回ると、SiGe膜の特性がSi膜とほとんど変わらなくなり、逆方向回復時間の低減効果が得られ難くなるからである。一方、SiGe膜中のGe濃度が過剰になると、格子歪が過大になり、漏れ電流が増加して、ダイオードとしての電気特性が損なわれるようになるからである。特に膜中のGe濃度が15原子%を超えるとダイオードとして機能しなくなることが判明している。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の種々の好ましい実施の形態について添付図面を参照しながら説明する。

【0012】本発明の効果をp型SiGe/高抵抗型Si/n型Siの例を用いて説明する。以下に示す効果は低濃度のSi膜に用いた場合、p型SiGeとn型Si膜を直接接合させた場合、さらに上記の形で導電型を反転させた場合、いずれの場合も以下のような効果が現れる。

【0013】ダイオードの逆方向回復時間を下げるには、ダイオード内でのキャリアの蓄積を下げる必要がある。キャリアの蓄積を下げるには、高抵抗型Si、さらにp型Siとn型Siの高抵抗型Si付近の少数キャリア寿命を下げる必要がある。

【0014】Si中にGeを添加すると、少数キャリアの寿命を小さくすることができる。したがってp型のSiGe膜でのキャリア寿命は短くなる。またSiGeがSiに対して格子定数に差があるため、SiGeとSiの接している付近で格子歪が発生する。この格子歪は結晶欠陥を誘起し、これがキャリアの寿命を下げる働きがある。格子歪はSiGeの接している高抵抗型Si膜、n型Si膜に及ぶと考えられ、この効果で高抵抗型Si膜とそれに近いn型Siも少数キャリアの寿命を小さく守ることが出来る。すなわちSiGeの接合により、ダイオード全体のキャリア寿命を抑え、これで蓄積電荷を下げ、高速化が可能になる。

【0015】ここでSiGe膜のGeの濃度を限定するのは、以下の理由からである。Ge濃度があまりに少なすぎると膜の特性がSiと変わらなくなり、高速の効果が得られにくくなる。またGe濃度が大きすぎると、格子歪が過大になり、漏れ電流が増加して、ダイオードとしての電気特性が損なわれるからである。上記の数値限定は実験により明らかにしたものである。

【0016】（実施例1）作製した実施例1のダイオードの概略断面を図1に示す。本実施例1のダイオードは、n型Si基板4の上にSi膜3、SiGe膜2、アノード電極1を順次積層し、Si基板4の裏面にカソード電極5を設けたものである。

【0017】本実施例1のダイオードの作製方法について説明する。膜抵抗値が $0.001\Omega\cdot\text{cm}$ のn型シリコン基板4上に、化学気相堆積法を用いて磷(P)を約 $5\times 10^{14}/\text{cm}^3$ ドープしたn型Si膜の高抵抗を有する膜3を厚さ $20\mu\text{m}$ だけ積層した。さらに、n型Si膜3の上に化学気相堆積法によりボロン(B)を約 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ ドープしたp型SiGe膜2を厚さ $0.4\mu\text{m}$ だけ積層した。

【0018】ここで化学気相堆積法とは、真空容器に半導体原料ガスを供給して容器内部をガスで充満させ、加熱した状態の基板を真空容器内に入れることにより、基板表面に半導体膜を堆積させる方法をいう。Pドープしたn型Si膜3の形成には、原料ガスとしてジシラン

(Si_2H_6)又はシラン(SiH_4)とホスフィン(PH_3)とを混合した混合ガスを用いる。n型Si膜3のPドープ濃度はジシラン又はシランに対するホスフィンの混合比によって決まるが、 $5\times 10^{14}/\text{cm}^3$ 程度のPドープ濃度を得るためには PH_3 分圧/ Si_2H_6 分圧(又は SiH_4 分圧)を 0.01ppm 程度に設定する必要がある。また、Bドープしたp型SiGe膜2の形成には、原料ガスとしてジシラン(Si_2H_6)又はシラン(SiH_4)とゲルマン(GeH_4)とジボラン(B_2H_6)とを混合した混合ガスを用いる。p型Si膜2のBドープ濃度はジシラン又はシランに対するジボランの混合比によって決まるが、 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 程度のBドープ濃度を得るためには B_2H_6 分圧/ Si_2H_6 分圧(又は SiH_4 分圧)を 20ppm 程度に設定する必要がある。なお、成膜時の基板温度は例えば 650°C 以上に設定する。

【0019】基板4およびp型SiGe膜2の各々にアルミニウムのような金属をそれぞれ蒸着させ、カソード電極5およびアノード電極1を形成した。

【0020】SiGe膜2のGe濃度は5原子%とした。さらに、比較例として上記と同様の構造でp型のSiGe膜2に代えてSi膜を積層したダイオードも製作した。作製したダイオードのチップ面積は 25mm^2 とした。

【0021】図2は横軸に時間(マイクロ秒)をとり、縦軸に電流値(A)および電圧値(V)をとって、SiGe膜ダイオードのリカバリ特性とSi膜ダイオードのリカバリ特性とを比較調査した特性線図である。図中に特性線AはSiGe膜ダイオードの電流波形を、特性線BはSi膜ダイオードの電流波形を、特性線CはSiGe膜ダイオードの電圧波形を、特性線DはSi膜ダイオードの電圧波形をそれぞれ示す。

【0022】ここでの測定では初期状態で順方向に電流を4A流しておき、ある時点でダイオードのバイアス電圧を逆転させたときのダイオード電流の変化をとったものである。電流波形において電流値がゼロレベルを越えて再びゼロに戻るまでの時間が逆方向回復時間となる。図中の特性線Aに示すようにSiGe膜ダイオード(実施例)の逆方向回復時間は約150ナノ秒となった。これに対して図中の特性線Bに示すようにSi膜だけで作製したダイオード(比較例)の逆方向回復時間は約380ナノ秒となった。これらの結果から明らかなように、SiGe膜を利用することによりダイオードの逆方向回復時間を従来品の40%程度まで低減できることが判明した。

【0023】（実施例2）作製した実施例2のダイオードの概略断面を図1に示す。

【0024】本実施例2のダイオードの作製方法について説明する。膜抵抗値が $0.001\Omega\cdot\text{cm}$ のn型シリコン基板4上に、化学気相堆積法を用いて磷(P)を約

$5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ ドープしたn型Si膜の高抵抗を有する膜3を厚さ $20 \mu\text{m}$ だけ積層した。さらに、n型Si膜3の上に化学気相堆積法によりボロン(B)を約 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ドープしたp型SiGe膜2を厚さ $0.4 \mu\text{m}$ だけ積層した。さらに、基板4およびp型SiGe膜2の各々にアルミニウムのような金属をそれぞれ蒸着させ、カソード電極5およびアノード電極1を形成した。なお、SiGe膜2中のGe濃度はゼロから15原子%までの範囲で種々変えて作製した。作製したダイオードのチップ面積は 25mm^2 とした。

【0025】図3は横軸にSiGe膜中のゲルマニウム濃度(原子%)をとり、縦軸に各種SiGe膜ダイオードの逆方向回復時間(マイクロ秒)をとって、各種SiGe膜ダイオードの逆方向回復時間のゲルマニウム濃度依存性について調べた特性線図である。図中の特性線Eは逆方向回復時間の実測値プロットを結んでなるものである。図から明らかなように、Ge濃度が2.5原子%以下のSiGe膜では逆方向回復時間(約400ナノ秒)の低減効果は殆どみられないが、Ge濃度が2.5

原子%より大きく10原子%以下のSiGe膜では逆方向回復時間が約100~150ナノ秒と大幅に低減することが判明した。

【0026】一方、Ge濃度が15原子%のSiGe膜の場合は、逆バイアス時の漏れ電流が発生し、まったくダイオードとして機能するものが得られなかった。このことから逆方向回復時間を低減させるためにはSiGe膜中のGe濃度を2.5原子%より大きく15原子%より小さい範囲にすることが必要であり、Ge濃度を2.

5原子%より大きく10原子%以下の範囲とするのが更に好ましいことが判明した。

【0027】上記実施例ではSi基板上に化学気相堆積法で高抵抗Si膜を積層しているが、Si基板4の一方側の面にp型不純物のボロンを拡散させ、キャリア密度が $10^{14} / \text{cm}^3$ となる高抵抗Si膜を $20 \mu\text{m}$ 形成してもよい。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、ダイオードの逆方向回復時間を従来品に比べて大幅に低減することができる。特にSiGe膜中のゲルマニウム濃度を最適範囲にすると、逆方向回復時間が従来品の40%を下回るようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るダイオードの概要を示す断面図。

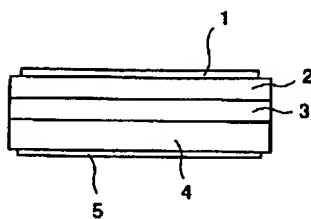
【図2】逆方向回復時の電流/電圧特性について実施例のダイオードと比較例のダイオードとを比べて示す特性線図。

【図3】SiGe膜ダイオードにおける逆方向回復時間のGe濃度依存性を示す特性線図。

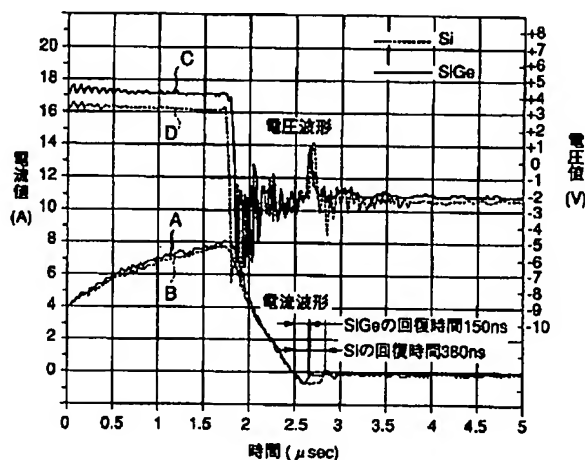
【符号の説明】

- 1…アノード電極、
- 2…SiGe膜、
- 3…高抵抗型あるいは低濃度としたSi膜、
- 4…n型Si基板、
- 5…カソード電極。

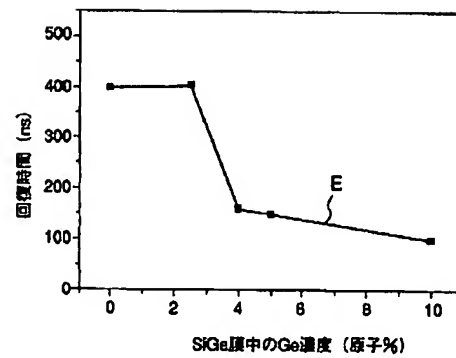
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 左右田 裕
大阪府大阪市東淀川区西淡路3丁目1番56
号 株式会社三社電機製作所内